

КАТАЛОГИ ДВОЙНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД В БАЗЕ ДАННЫХ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД BDB

Д. А. Ковалева, О. Ю. Малков, П. В. Кайгородов

Институт астрономии Российской академии наук

База данных двойных звезд BDB, <http://bdb.inasan.ru>, объединяет данные каталогов двойных звезд всех наблюдательных типов. Мы описываем включение каталогов двойных переменных звезд в структуру базы данных.

CATALOGUES OF VARIABLE BINARIES IN THE BDB, BINARY STAR DATABASE

D. A. Kovaleva, O. Y. Malkov, P. V. Kaygorodov

Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences

The BDB, Binary star DataBase <http://bdb.inasan.ru> combines data of the catalogues of binary stars of all observational types. We describe the implementation of catalogues of binary variable stars into the database structure.

Введение

Большинство звезд, доступных для исследования, оказываются двойными. Доля двойных звезд зависит от спектрального класса/массы главного компонента, возрастая с $\approx 20\%$ для маломассивных М-карликов до $\approx 60 - 70\%$ для звезд спектрального класса А и моложе [1]. Заметная часть двойных звезд (возможно, около $1/4$, по оценке Токовина [2]) при подробном исследовании обнаруживают более высокую кратность.

Двойственность звезд может проявляться для наблюдателя различными способами и соответственно существует целый ряд методов обнаружения и наблюдения двойных звезд. Именно этому факту обязано своим существованием понятие *наблюдательного типа* двойной. Исследователи, каталоги, идентификаторы, набор определяемых параметров — все это различается для звезд различных наблюдательных типов. При этом одни и те же двойные нередко могут наблюдаться различными способами, принадлежа, таким образом, к двум и более наблюдательным типам одновременно.

База данных двойных звезд BDB была создана для того, чтобы объединить данные каталогов двойных и кратных звезд различных наблюдательных типов для обеспечения возможности анализа этих данных в совокупности [3]. В силу высокой степени неоднородности данных, относящихся к объектам в двойных и кратных звездах, а также сложной структуры кратных звезд организация базы данных потребовала тщательной кросс-идентификации и обеспечения привязки данных к объектам [4]. Эта задача была решена путем введения трехуровневой структуры сущностей (система, пара, компонент) и создания на ее основе мастер-каталога Identification List of Binaries (ILB) [5].

В структуру BDB входит целый ряд каталогов, включающих данные о таких двойных звездах, двойственность которых обнаруживается по их переменности (затменно-двойных, катаклизмических двойных, рентгеновских двойных и др.). Далее мы обсудим особенности таких каталогов и их интеграции в BDB.

Общий каталог переменных звезд

BDB интегрирует, как правило, только данные каталогов, посвященных двойным звездам. Однако существует исключение, касающееся Общего каталога переменных звезд. Выделяется понятие т. н. базовых каталогов [6] для определенных наблюдательных типов, — это каталоги, охватывающие большую часть звезд определенных типов, выделяющиеся по объему включенных параметров и пр. Для каждого наблюдательного типа двойных существует в среднем от одного до трех базовых каталогов, данные которых были интегрированы в BDB в первую очередь. Для всех типов двойных переменных звезд одним из базовых каталогов является Общий каталог переменных звезд, ОКПЗ [7].

Затменно-двойные звезды и их основные каталоги в BDB

Вероятно, затменно-двойные — самый представительный наблюдательный тип переменных двойных звезд, число таких звезд, обнаруженных в нашей Галактике и в Магеллановых Облаках, измеряется к настоящему времени сотнями тысяч. Основной вклад в быстрое увеличение числа известных затменно-двойных в течение последних

25 лет вносят в первую очередь проекты, ориентированные на поиск событий микролинзирования или переменности блеска (например, OGLE [8]; ASAS [9]; Kepler [10] и др.). Однако открытые такими методами затменные двойные чаще всего остаются в массе своей недоисследованными и неклассифицированными. В то же время в ОКПЗ количество каталогизированных затменно-переменных в основном каталоге лишь недавно (в версии 2017 г.) превысило 10 000, однако данные, доступные для этих звезд, обладают достаточной полнотой. В силу того что ОКПЗ ориентирован на предоставление информации о характеристиках переменности, а не двойственности звезд, много ценной информации содержится в комментариях к этому каталогу.

Из-за разнообразия морфологических и физических типов затменных переменных звезд достаточно большое число каталогов представляют собой в BDB для этих объектов не пересекающиеся источники информации. Не будем описывать их все, однако упомянем, что в каталогах затменно-двойных содержится относительно много (в сравнении с иными наблюдательными типами звезд) данных о физических характеристиках объектов. В частности, большим объемом таких данных мы обязаны трудам М. А. Свечникова с коллегами, которые на протяжении десятков лет работали над извлечением информации из кривых блеска затменных переменных звезд: каталоги Перевозкиной и Свечникова (1999) [11], Сурковой и Свечникова (2005) [12], Дремовой, Перевозкиной и Свечникова (2005) [13], Свечникова и Бессоновой (1984) [14], Бондаренко и Перевозкиной (1996) [15], Полушиной (2004) [16], Свечникова и Кузнецовой (1990) [17].

Наконец, упомянем каталог CEV (Catalogue of Eclipsing Variables) [18, 19], содержащий наиболее полный объем информации о затменных двойных с известными морфологическими типами (7 200 пар), для которых доступны данные, полученные путем объединения информации каталога и примечаний ОКПЗ с данными из других источников и публикаций, при применении разработанной авторами схемы определения физического типа и характеристик двойной по кривой блеска.

Проблема несоответствия количества открываемых затменно-двойных и возможностей исследователей изучать их наблюдательные характеристики для определения физической природы систем заставляет искать подходы к автоматизации процедуры классификации кривых блеска (см., например, [20–22]). Задачу делает ост-

роактуальной тот факт, что, как ожидается, несколько миллионов затменных двойных будут зарегистрированы по итогам миссии Gaia [23].

Другие наблюдательные типы переменных двойных звезд

Катаклизмические переменные звезды и их основные каталоги

Переменные звезды, демонстрирующие вспышки, — катаклизмические переменные, так же, как и затменные переменные, обнаруживаются фотометрическим путем. Известно около 2000 таких пар. Помимо ОКПЗ основными каталогами для этого наблюдательного типа двойных (пересекающимися, но не перекрывающимися данные друг друга) являются каталоги Ritter & Kolb [24] (регулярно обновлявшийся до 2016 г.) и Downes et al. [25]. Данные для этих двойных отличаются высокой степенью неоднородности, но, как правило, включают сведения о характеристиках орбиты (период, ограничения на угол наклона), морфологическом типе переменной, относительные характеристики компонентов.

Существуют и иные двойные с переменностью блеска (запятненные, эллипсоидальные, отражающие...), для всех этих наблюдательных типов основным каталогом остается ОКПЗ.

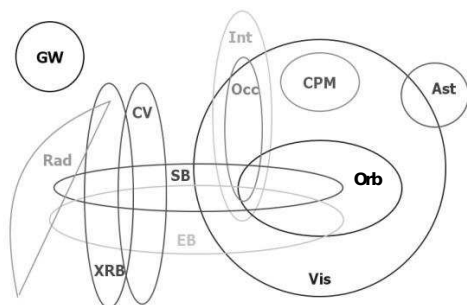
Переменные двойные звезды, обнаруживаемые вне оптического диапазона

Некоторые двойные звезды обнаруживают себя как переменные вне оптического диапазона. Среди них упомянем рентгеновские двойные (частично информация о них включена в уже упомянутый каталог Ritter & Kolb, RK). Таких объектов известно около 300, и в BDB они представлены, помимо RK, базовыми каталогами Liu et al.: Catalog of Galactic Low-Mass X-Ray Binaries LMXB [26], Catalog of Galactic High-Mass X-Ray Binaries HMXB [27]. Кроме того, известны более 200 двойных, обнаруженных в радиодиапазоне благодаря вариациям потока излучения пульсара, являющегося одним из компонентов. Основным каталогом для этих объектов является ATNF Pulsar Catalog [28]. Работа по отождествлению переменных двойных, обнаруженных вне оптического диапазона, с оптическими источни-

ками, благодаря чему стало возможно включить их в индекс-каталог ИВ и, таким образом, в базу данных BDB, была проделана Малковым и др. [29].

Наконец, уже известен, хотя по понятным причинам еще не каталогизирован, новый наблюдательный тип двойных — гравитационно-волновые.

Переменные двойные звезды в пространстве параметров двойных



Возможные пересечения между наблюдательными типами двойных звезд: Vis — визуальные, Orb — орбитальные, Int — интерферометрические, Occ — обнаруживаемые при затмении Луной, Ast — астрометрические, CPM — с общим собственным движением, EB — затменные, SB — спектрально-двойные, CV — катаклизмические, XRB — рентгеновские, Rad — радио (один из компонентов пульсар), GW — гравитационно-волновые

При каталогизировании двойных звезд по наблюдательным типам создается впечатление, что они представляют собой отдельные популяции. Разумеется, на самом деле все наблюдательные типы

двойных — это подмножества одной и той же популяции, разделенные в отношении наблюдаемых проявлений, но физически зачастую пересекающиеся.

На рисунке символически изображены пересечения между основными наблюдательными типами двойных. Размеры областей не соответствуют населенностям наблюдательных типов, но выбраны для того, чтобы адекватно отображать возможные пересечения между ними.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 16-07-01162 и программы Президиума РАН №28 «Космос: исследования фундаментальных процессов и их взаимосвязей».

Библиографические ссылки

1. *Duchêne G., Kraus A.* Stellar Multiplicity // *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* — 2013. — Vol. 51. — P. 269–310.
2. *Tokovinin A.* From Binaries to Multiples. II. Hierarchical Multiplicity of F and G Dwarfs // *Astron. J.* — 2014. — Vol. 147. — P. 87. 1401.6827.
3. *Kaygorodov P., Debray B., Kolesnikov N. et al.* The New Version of the Binary Star Database (bdb) // *Baltic Astronomy.* — 2012. — Vol. 21. — P. 309–318.
4. *Kovaleva D., Kaygorodov P., Malkov O. et al.* Binary star DataBase BDB development: Structure, algorithms, and VO standards implementation // *Astronomy and Computing.* — 2015. — Vol. 11. — P. 119–125.
5. *Malkov O., Karchevsky A., Kaygorodov P., Kovaleva D.* Identification list of binaries // *Baltic Astronomy.* — 2016. — Vol. 25. — P. 49–52.
6. *Kovaleva D.* Astronomical data resources for binary and multiple stars // *Baltic Astronomy.* — 2015. — Vol. 24. — P. 446–452.
7. *Samus' N. N., Kazarovets E. V., Durlevich O. V. et al.* General catalogue of variable stars: Version GCVS 5.1 // *Astronomy Reports.* — 2017. — Vol. 61. — P. 80–88.
8. *Soszyński I., Pawlak M., Pietrukowicz P. et al.* The OGLE Collection of Variable Stars. Over 450 000 Eclipsing and Ellipsoidal Binary Systems Toward the Galactic Bulge // *Acta Astronomica.* — 2016. — Vol. 66. — P. 405–420. 1701.03105.
9. *Paczynski B., Szczygiel D. M., Pilecki B., Pojmański G.* Eclipsing binaries in the All Sky Automated Survey catalogue // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 2006. — Vol. 368. — P. 1311–1318. astro-ph/0601026.

10. *Kirk B., Conroy K., Prša A. et al.* Kepler Eclipsing Binary Stars. VII. The Catalog of Eclipsing Binaries Found in the Entire Kepler Data Set // *Astron. J.* — 2016. — Vol. 151. — P. 68. 1512.08830.
11. *Perevozkina E. L., Svechnikov M. A.* VizieR Online Data Catalog: Catalog of eclipsing binaries parameters (Perevozkina+, 1999) // *VizieR Online Data Catalog.* — 2004. — Vol. 5118.
12. *Surkova L. P., Svechnikov M. A.* VizieR Online Data Catalog: Semi-detached eclipsing binaries (Surkova+, 2004) // *VizieR Online Data Catalog.* — 2004. — Vol. 5115.
13. *Dryomova G., Perevozkina E., Svechnikov M.* Catalogue of the orbital elements, masses, and luminosities for short-periodic RS CVn-type eclipsing systems // *Astron. Astrophys.* — 2005. — Vol. 437. — P. 375–381.
14. *Svechnikov M. A., Bessonova L. A.* A Catalogue of Orbital Elements Masses and Luminosities of Close Double Stars // *Bulletin d'Information du Centre de Donnees Stellaires.* — 1984. — Vol. 26. — P. 99.
15. *Bondarenko I. I., Perevozkina E. L.* The Catalogue of Photometric, Geometrical and Absolute Elements of Contact Binary Stars of the Early Spectral Type // *Odessa Astronomical Publications.* — 1996. — Vol. 9. — P. 20.
16. *Polushina T. S.* VizieR Online Data Catalog: Catalog of massive close binaries (Polushina, 2004) // *VizieR Online Data Catalog (other).* — 2011. — Vol. 440.
17. *Svechnikov M. A., Kuznetsova E. F.* VizieR Online Data Catalog: Approximate elements of eclipsing binaries (Svechnikov+, 1990) // *VizieR Online Data Catalog.* — 2004. — Vol. 5124.
18. *Avvakumova E. A., Malkov O. Y., Kniazev A. Y.* Eclipsing variables: Catalogue and classification // *Astronomische Nachrichten.* — 2013. — Vol. 334. — P. 860.
19. *Malkov O. Y., Oblak E., Snegireva E. A., Torra J.* A catalogue of eclipsing variables // *Astron. Astrophys.* — 2006. — Vol. 446. — P. 785–789.
20. *Armstrong D. J., Kirk J., Lam K. W. F. et al.* K2 variable catalogue - II. Machine learning classification of variable stars and eclipsing binaries in K2 fields 0-4 // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 2016. — Vol. 456. — P. 2260–2272. 1512.01246.
21. *Avvakumova E. A., Malkov O. Y.* Assessment of evolutionary status of eclipsing binaries using light-curve parameters and spectral classification // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 2014. — Vol. 444. — P. 1982–1992. 1408.0870.
22. *Malkov O., Kalinichenko L., Kazanov M. D., Oblak E.* Data Mining in Astronomy: Classification of Eclipsing Binaries // *Astronomical Data Analysis Software and Systems XVII* / ed. by R. W. Argyle, P. S. Bunclark,

- J. R. Lewis : Astronomical Society of the Pacific Conference Series. — 2008. — Vol. 394. — P. 381.
23. *Kochoska A., Mowlavi N., Prša A. et al.* Gaia eclipsing binary and multiple systems. A study of detectability and classification of eclipsing binaries with Gaia // *Astron. Astrophys.* — 2017. — Vol. 602. — P. A110. 1703.09362.
 24. *Ritter H., Kolb U.* VizieR Online Data Catalog: Cataclysmic Binaries, LMXBs, and related objects (Ritter+, 2004) // *VizieR Online Data Catalog.* — 2011. — Vol. 1.
 25. *Downes R. A., Webbink R. F., Shara M. M. et al.* VizieR Online Data Catalog: Catalog of Cataclysmic Variables (Downes+ 2001-2006) // *VizieR Online Data Catalog.* — 2006. — Vol. 5123.
 26. *Liu Q. Z., Paradijs J. van, Heuvel E. P. J. van den.* A catalogue of low-mass X-ray binaries in the Galaxy, LMC, and SMC (Fourth edition) // *Astron. Astrophys.* — 2007. — Vol. 469. — P. 807–810. 0707.0544.
 27. *Liu Q. Z., Paradijs J. van, Heuvel E. P. J. van den.* Catalogue of high-mass X-ray binaries in the Galaxy (4th edition) // *Astron. Astrophys.* — 2006. — Vol. 455. — P. 1165–1168. 0707.0549.
 28. *Manchester R. N., Hobbs G. B., Teoh A., Hobbs M.* VizieR Online Data Catalog: ATNF Pulsar Catalogue (Manchester+, 2005) // *VizieR Online Data Catalog.* — 2016. — Vol. 1.
 29. *Malkov O. Y., Tessema S. B., Kniazev A. Y.* Binary star database: binaries discovered in non-optical bands // *Baltic Astronomy.* — 2015. — Vol. 24. — P. 395–402.